

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Л.О. Уривський

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки 6.050903 Телекомунікації
(172 Телекомунікації та радіотехніка)**

на тему: «Модернізація мереж доступу на основі технології GPON»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ТС-51

Сірик Олена Сергіївна

Керівник:

Старший викладач

Вакуленко О.В.

Рецензент:

Доцент кафедри ТК, к. т. н.

Явіся В.С.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем

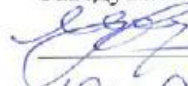
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6.050903 «Телекомунікації» (172 Телекомунікації та радіотехніка)

Програма професійного спрямування – «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Л.О. Уривський
 «10» 09 2018р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Сірик Олені Сергіївні

1. Тема роботи «Модернізація мереж доступу на основі технології GPON», керівник роботи Вакуленко Олександр Володимирович, старший викладач кафедри ТС, затверджені наказом по університету від «08» 04 2019р. №1068с

2. Термін подання студентом роботи 12.06 2019р.

3. Вихідні дані до роботи: волоконно-оптичні системи зв'язку, пасивні оптичні технології, їх характеристики.

4. Зміст роботи

Розглянути переваги та недоліки використання пасивних оптичних технологій, провести порівняльний аналіз, вибрати потрібну технологію та на її основі запропонувати рішення щодо модернізації мережі.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

1) Тема та мета дипломної роботи; 2) волоконно-оптичні системи передачі, аналіз та характеристики; 3) аналіз PON, основні переваги та недоліки; 4) порівняння технологій EPON та GPON; 5) алгоритм проектування мережі на основі технології GPON; 6) Висновки

6. Дата видачі завдання 10.09.2018р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз отриманого завдання	10.09.18-20.09.18	виконано
2.	Постановка мети дипломної роботи та розробка пунктів змісту	21.09.18-20.10.18	виконано
3.	Формування вступної частини пояснювальної записки	21.10.18-1.11.18	виконано
4.	Формування першого розділу пояснювальної записки	02.11.18-31.12.18	виконано
5.	Формування другого розділу пояснювальної записки	01.01.19-20.02.19	виконано
6.	Формування третього розділу пояснювальної записки	21.02.19-01.04.19	виконано
7.	Оформлення дипломного проекту	02.04.19-01.05.19	виконано
8.	Чистовий варіант дипломної роботи, плакати	02.05.19-20.05.19	виконано

Студент

Керівник роботи

Сірик О.С.

Вакуленко О.В.

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 57 сторінках та включає 13 ілюстрацій, 4 таблиці та 17 джерел за переліком посилань.

Дана дипломна робота присвячена розробці методики для модернізації мереж доступу відомчого призначення на основі технології GPON. В роботі розглянуто ряд питань, присвячених пасивним оптичним мережам. Визначено їх основне призначення, основні переваги та недоліки.

Мета розробки методики проектування телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON полягає в забезпеченні ефективності прийняття управлінських рішень відомствами при розгортанні та подальшої експлуатації сучасних мереж доступу.

Було визначено принципи побудови мереж доступу на основі технології GPON, розглянуті протоколи, що використовуються в даній мережі. Розглянуто всі відрізки архітектури, умови реалізації даної мережі. На базі вже існуючих даних запропоновано алгоритм модернізації мереж доступу за допомогою GPON. Визначено обладнання для виконання побудови мережі та розраховано приблизні затрати.

ABSTRACT

This thesis is devoted to the development of a methodology for upgrading the access networks of departmental appointments based on GPON technology. The paper deals with a number of issues related to passive optical networks. Their main purpose, main advantages and disadvantages are determined.

The purpose of the development of the methodology for designing a telecommunications access network based on GPON technology is to ensure the effectiveness of the adoption of managerial decisions by the departments in the deployment and further operation of modern access networks.

The principles of building access networks based on GPON technology were defined, and the protocols used in this network were considered. All sections of architecture, conditions of realization of this network are considered. On the basis of already existing data, an algorithm for updating access networks with the help of GPON is proposed. The equipment for the construction of the network is determined and estimated costs are estimated.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ	11
1.1 Історія розвитку ВОЛЗ	11
1.2 Волоконно-оптичні системи передачі, основні характеристики	14
1.3 Загальні відомості про волоконно-оптичні системи передач	16
1.4 Класифікація ВОСП	20
1.5 Висновки з розділу 1	22
2. ПОБУДОВА МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON	24
2.1 Вибір технології	24
2.3 Структура GPON	33
2.4 Висновки з розділу 2	38
3. АЛГОРИТМ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON	39
3.1 Постановка задачі для проектування телекомунікаційної мережі	39
3.2 Висновки з розділу 3	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56

					НТУУ 1068-с.08.ТС-51.2019.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сірик О.С.			Модернізація мереж доступу на основі технології GPON	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Вакуленко О.В.					4	55
Реценз.		Явіся В.С.				ІТС		
Н. Контр.		Новіков В.І.						
Затверд.		Уривський Л.О.						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

APC – (Angled Physical Contact) – Кутове фізичне з'єднування

APON - (Asynchronous Transfer Mode passive optical network) - Режим асинхронної передачі пасивної оптичної мережі

ATM - (Asynchronous Transfer Mode) — Асинхронний спосіб передачі даних

BPON (Broadband passive optical network) – широкосмугова пасивна оптична мережа

EPON – (Ethernet passive optical network) – пасивна оптична мережа з використанням технології Ethernet

FPGA – (Field Programmable Gate Array) – Поле програмувального масиву

FTTx – (Fiber to the x) – оптичне волокно до точки X

GEM - (GPON Encapsulation Method) - Метод інкапсуляції GPON

GFP – (Generic Framing Protocol) - Загальний протокол формування

GPON – (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) - Пасивна оптична мережа Gigabit Ethernet

IETF – (Internet Engineering Task Force) – Інженерна робоча група Інтернету

MAC – (Media Access Control) – Контроль доступу до носія

MIB – (Management Information Base) – Управлінська база даних

OLT - (Optical Line Terminal) – оптичний лінійний термінал

OMCI – (ONT Management and Control Interface) – Інтерфейс управління та контролю оптичного мережевого терміналу

ONT - (Optical Network Terminal) – оптичний мережевий термінал

ONU – (Optical Network Unit) – Оптична мережева одиниця

P2MP - (point-to-multipoint) – топологія типу точка-багатоточка

PLOAM – (Physical Layer Operations, Administration and Maintenance) – Операції на фізичному рівні, адміністрування та обслуговування

PMD – (physical medium dependent) – Залежний від фізичного середовища передачі

PON - (passive optical network) – пасивна оптична мережа

SDH - (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронна цифрова ієрархія

SONET – (Synchronous optical network) – Синхронна оптична мережа

TDM – (Time Division Multiplexing) - мультиплексування з часовим поділом

VLAN – (Virtual Local Area Network) – Віртуальна локальна мережа

АВОСП - аналогові волоконно-оптичні системи передачі

ВОЛЗ - волоконно-оптична лінія зв'язку

ВОСП – волоконно-оптичні системи передачі

Гц – герц

ДСВ – джерело оптичного випромінювання

ЕМХ – електромагнітні хвилі

КУО - каналоутворювальне обладнання

ОАМ – (Operations Administration and Maintenance) - управління та обслуговування операцій

ОВ – оптичне випромінювання

ОВ – оптичне волокно

ОПер – оптичний передавач

ОПр – оптичний приймач

ОР – оптичний ретранслятор

ОС – обладнання сполучення

ПОМ – передавальний оптичний модуль

ПП – погоджуючий пристрій

ПРОМ - приймальний оптичний модуль

ЦВОСП - цифрові волоконно-оптичні системи передачі

ВСТУП

Актуальність теми даної роботи полягає в тому, що в наш час на ділянці доступу використовуються переважно мідні кабелі (звиті пари). Пропускна здатність та канална ємність цих кабелів не дозволяє повною мірою реалізувати сучасні мультисервісні послуги, наприклад: передача мови, даних, трафіку мультимедійного формату, а також відеодані. Таким чином, потрібно забезпечити канал певною смугою пропускання, яка повинна бути ширшою за ту, яку можуть покривати існуючі технології в мідно-кабельній інфраструктурі. Тому для організації доступу до широкосмугових послуг часто доводиться прокладати кабелі з високою пропускнуою здатністю. Найкращим рішенням в таких випадках є побудова волоконно-оптичної кабельної інфраструктури.

Оптичні технології здатні забезпечити широкосмуговий доступ, достатній для надання всім абонентам існуючих та перспективних послуг зв'язку. Тому розбудова волоконно-оптичної мережі доступу з наближенням оптичного волокна до абонента є вельми актуальним завданням.

Мета розробки методики проектування телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON полягає в забезпеченні ефективності прийняття управлінських рішень відомствами при розгортанні та подальшій експлуатації сучасних мереж доступу. Особливості технології GPON полягають у забезпеченні високої якості послуг та швидкості, мультисервісності та економічній ефективності.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити та проаналізувати основні технічні характеристики волоконно-оптичних мереж доступу ;
- вивчити вимоги до параметрів мережі та характеристики її складових;
- розробити алгоритм проектування сучасної відомчої телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON.

Об'єктом роботи є: телекомунікаційні мережі доступу на основі волоконно-оптичних технологій.

Предметом роботи є: побудова сучасної відомчої телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON.

1 АНАЛІЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ

1.1 Історія розвитку ВОЛЗ

Винахід лазера на початку 1960-х років породив сферу інженерії, відому як оптоелектроніка, яка неухильно зростала в 1980-х і 1990-х роках. Багато інженерів вважали, що лазер буде корисним для передачі інформації по повітрю, але незабаром вони дізналися, що хмари, дощ і інші атмосферні умови іноді блокували промінь. Альтернативою було надсилання лазерного світла вздовж скляних волокон (подібно до того, як електричні сигнали направляються по мідних дротах).

Дослідники по всій галузі продовжували шукати ще більш високу частоту і, отже, більш високу потужність середовища передачі. Ідея використання волокон до телекомунікацій вперше була розглянута К.К. Као і Г.А. Хокем в Англії в 1966 році. У 1966 році Чарльз Као, в стандартній лабораторії телекомунікацій ІТТ в Англії, продемонстрував, що не існує теоретичної причини, яка б перешкоджала використанню в якості середовища для освітлення достатньо чистого скловолокна. інформація про несучі хвилі. Світлові хвилі мають набагато більш високі частоти, ніж мікрохвилі, які були найвищими частотами, які потім використовувалися в телефонній передачі. За цю роботу Као отримав Нобелівську премію з фізики в 2009 році.

Однак, хоча скляні волокна вже використовувалися для передачі світла на короткі відстані для таких цілей, як медична діагностика, не існувало волокна з досить низьким затуханням для великих відстаней. У 1970 році команда під керівництвом Роберта Маурера з Дональдом Кеком і Пітером Шульцем з Corning Glass розробила перше придатне скло, яке Корнін продовжував вдосконалювати. Того ж року команда компанії Bell Labs розробила перший напівпровідниковий лазер з кімнатною температурою, що забезпечує

практичний пульсуючий джерело світла, придатний для цифрової оптичної системи. Проте було складно виготовити скляні волокна, здатні переносити імпульси світла на дуже великі відстані без ослаблення сигналу. Це залишалося до початку 1980-х років.

Інженери встановили експериментальну волоконно-оптичну систему в 1976 році. За допомогою напівпровідникового лазера галій-арсенід компанія AT&T встановила експериментальний волоконно-оптичний кабель довжиною 2000 метрів (довжиною 1,25 милі) під вулицями Атланти, штат Джорджія.

Тестові системи в кількох країнах швидко супроводжувалися польовими випробуваннями з клієнтами. GTE встановила випробувальну систему волоконно-оптичного кабелю в Лонг-Біч, Каліфорнія, в 1977 році. AT&T швидко йшла з одним в Чикаго, і британський поштовий відділ з системою на Martelsham Heath. Нарешті, в 1976 році J. Jim Hsieh у MIT Lincoln Laboratory розробив лазер, який випромінював світло на тій же частоті, 1,3 мікрметра, що волокно, розроблене Масару Хорігуті в NTT, могло оптимально передавати, забезпечуючи більш високу потужність, менші втрати і багато іншого. ефективної системи. Інші наступні досягнення відбувалися протягом наступних кількох років. У 1979 році компанія AT&T встановила публічну демонстраційну систему в Лейк-Плесід, Нью-Йорк, яка з величезним успіхом використовувалася для передачі кількох телевізійних сигналів під час зимових Олімпійських ігор 1980 року. У 1983 році американська компанія MCI, що співпрацює з Corning, відкрила комерційну волоконно-оптичну кабель між Нью-Йорком і Вашингтоном розміром 1,3 мікрметра, за якою AT&T незабаром послідувала конкурентною лінією. Оскільки волоконно-оптична передача була цифровою, вона особливо добре підходила для постійно зростаючої кількості цифрових комп'ютерних даних, які надсилаються по телефонних лініях світу.

Починаючи з середини 1980-х років, волоконно-оптичні установки швидко розширювалися по всьому світу, а покоління вдосконалених систем послідувало швидко один за одним. Волокна мали надзвичайно більшу потужність, яка з кожним поколінням збільшувалася ще більше, і значно дешевше експлуатаційні витрати. Наприклад, останній мідний трансатлантичний кабель, TAT-7, відкритий в 1978 році потужністю 4000 дзвінків; перший волоконний кабель, TAT-8, відкритий в 1988 році, з потужністю в десять разів більшою. Це був лише початок масового збільшення потужності; до кінця 1990-х років нові покоління волоконно-оптичних систем могли переносити мільйони викликів, хоча на практиці до цього часу більшість того, що було передано, були даними, а не розмовами. Або в термінах даних, коаксіальний мідний кабель переносить мільйони біт, або мегабіт, в секунду; на початку 1980-х років волоконно-оптичний кабель, сотні мегабіт; Волокна 1990-х років, гігабіти; і волокна 2000-х років, терабіти.

У 1980-х роках інженери припустили, що оптичні кабелі замінять більш дорогі мідні кабелі для телефонного зв'язку, заощаджуючи гроші в процесі. Коли в 90-х роках почалося використання Інтернету, раптом з'явився великий попит на кабелі, які могли б нести великі навантаження цифровими даними. Оптичне волокно ідеально підходить для рахунку, і багато тисяч кілометрів нового кабелю були закладені по всьому світу.

Волоконна оптика надала всі попередні засоби передачі телефонної мережі застарілими. До 2000 р. Мідний дріт здебільшого зберігався лише в місцевих петлях, які проходили між телефонними станціями і індивідуальними абонентами, а мікрохвильові системи були значною мірою виведені з експлуатації. Вартість передачі телефонного дзвінка в будь-яке місце на Землі в межах досяжності волоконно-оптичного кабелю швидко наблизилася до нуля, таким чином в'язавши планету більш тісно в єдину мережу миттєвих

комунікацій, значно полегшуючи глобальну торгівлю. Серед іншого, широке впровадження волоконної оптики зробило можливим глобальний інтернет.

1.2 Волоконно-оптичні системи передачі, основні характеристики

ВОЛЗ (волоконно-оптична лінія зв'язку) – волоконно-оптична система, яка призначена для прийому та передачі інформації через оптичне середовище. ВОЛЗ складається з пасивних і активних елементів.

До активних елементів належать:

- мультиплексор/демультиплексор: пристрої, які служать для з'єднання та поділу інформаційних каналів;
- регенератор: пристрій, що використовується для відновлення форми передаваного сигналу в оптичному середовищі;
- підсилювач: використовується задля підсилення потужності сигналу;
- модулятор: служить задля створення модулюючої оптичної хвилі(інформаційної);
- фотодіод: пристрій, який здійснює фотоелектронні коливання сигналу.

До пасивних елементів належать:

- волоконно-оптичний кабель;
- оптична муфта: використовується для з'єднання декількох кабелів;
- оптичний крос: призначений для оброблення кінців оптоволокна та підключення його до кінцевого обладнання.

Переваги ВОЛЗ

Висока завадостійкість. Волокно несприятливе до будь-яких електромагнітних перешкод зі сторони обладнання, здатного виробляти ЕМХ. Це зумовлено тим, що волокно виготовляється із діелектричного матеріалу.

Широка смуга пропускання. Це обумовлено високою частотою несучої хвилі – 10^{14} Гц. Завдяки такій високій частоті потенціальна можливість передачі по одному оптичному волокну потоку інформації в декілька терабіт/с.

Менша вага та об'єм порівняно з мідними кабелями при однаковій пропускній здатності. Наприклад, лише одне волокно діаметром 0.1 см здатне замінити дев'яност-парний телефонний кабель з діаметром в 75 разів більшим (тобто 7.5 см).

Мале затухання світлового сигналу. Оптичні системи можуть з'єднувати робочі ділянки на відстані більш ніж 100 км.

Пожежостійкість. Завдяки відсутності іскро утворення, ВОЛЗ можна використовувати без усяких обмежень на підприємствах підвищеної небезпеки.

Високий захист від захоплення конфіденційної інформації та несанкціонованого доступу. Завдяки відсутності випромінювання радіодіапазону і присутності надчутливості ВОЛЗ до коливань вони можуть забезпечити інформаційну безпеку.

Економічність. Навіть не дивлячись на складність реалізації ВОЛЗ та дороговизну впровадження, від цього можна отримати реальну економічну вигоду. Наприклад, можна зекономити на підсилювачах ВОЛЗ. Оптичне волокно, що виготовляється із кварцу, коштує в два рази дешевше за мідний кабель. При використанні ВОЛЗ відстань між ретрансляторами становить на менш ніж 100 км, при тому як для мідних кабелів ця відстань становить разів у 10 менше.

Довгий термін експлуатації. Термін використання ВОЛЗ – приблизно 25 років. Із часом якість волокна погіршується, і це означає, що затухання в кабелі може зростати. Тому завдяки модернізації та сучасним технологіям термін служби волоконно-оптичних кабелів набагато більший.

Недоліки ВОЛЗ

Ціна на інтерфейсне обладнання. Це обладнання потрібно для того, щоб перетворювати електричні сигнали в оптичні і навпаки. Окрім того, для розгортання волоконно-оптичної мережі потрібно високоякісне комутаційне обладнання, розгалужувачі, аткнюатори, з'єднувачі з низькими втратами та великим ресурсом на підключення-відключення. Також монтаж, тестування і підтримка такої мережі коштує чималих витрат.

Захист волокна. В теорії оптоволокно може витримати чимале навантаження, але на практиці це твердження важко привести в дійсність, адже через недостатню захищеність з'являються мікротріщини.

Для його захисту оптоволокно піддається чималій обробці: покриття лаком, зміцнення металом або кевларом. Це все також призводить до збільшення вартості.

Але всі ці недоліки – ніщо порівняно з перевагами ВОЛЗ. Тому вони все більше й більше набирають популярності.

1.3 Загальні відомості про волоконно-оптичні системи передач

Дані системи передачі існують вже 30 років. В 70-х роках 20 ст. було освоєно виробництво волоконних світловодів з низьким затуханням, з'явилися надійні лазери, і з цього часу почалось практичне використання ВОСП і, відповідно, їх розвиток. За 30 років волоконно-оптичні системи передачі зайняли ведучу позицію в системах передачі інформації. Весь цей час неперервно збільшувався сумарний трафік передачі даних, а вартість одного біту інформації зменшувалась.

Але на сучасному етапі розвитку ВОСП приділяється більше уваги критерію ефективності. Сучасні ВОСП виправдовують всі очікування, і не дарма.

Загальні відомості про ВОСП. Волоконно-оптичні системи передачі – сукупність оптичних пристроїв і ліній передачі, які забезпечують формування, обробку та передачу оптичних сигналів. Фізичним середовищем розповсюдження цих сигналів є кабелі (волоконно-оптичні чи просто оптичні) та волоконно-оптичні лз (ВОЛЗ). ВОЛЗ і ВОСП разом складають волоконно-оптичну лінію передачі (ВОЛП).

В ВОСП передача повідомлень відбувається за допомогою світлових хвиль від 0,1 мкм до 1 мм. Діапазони хвиль, в межах яких відбувається розповсюдження хвиль по оптичному волокну, називаються його вікнами прозорості (рисунок 1).

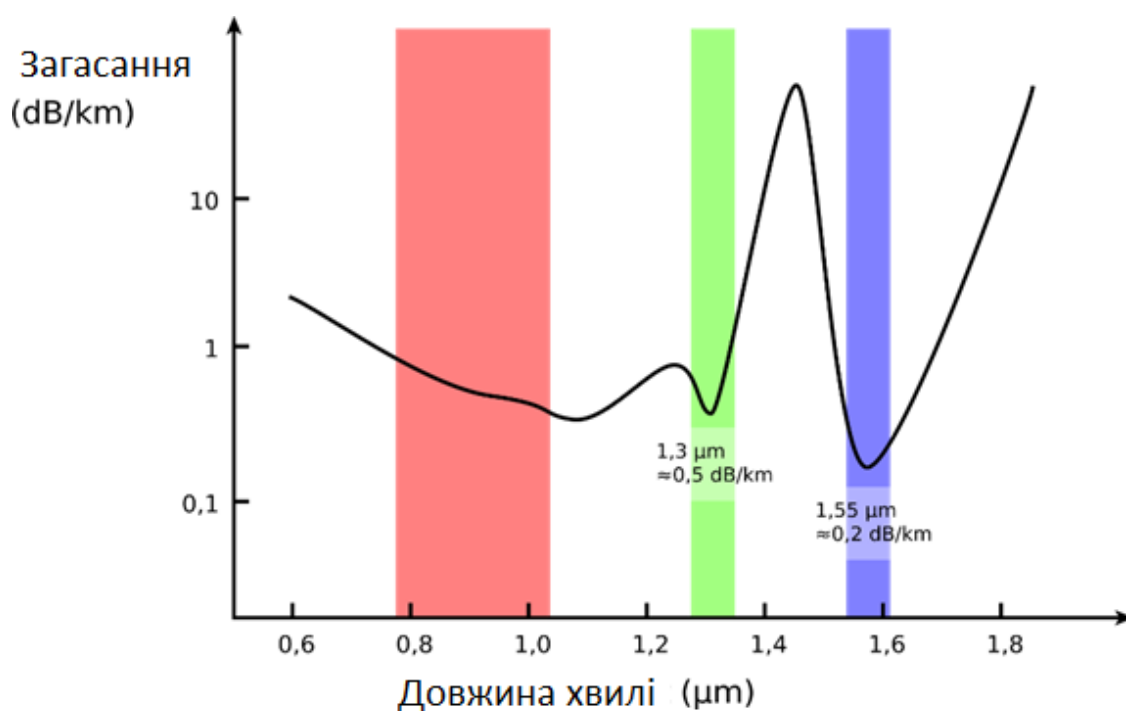


Рисунок 1.1 Графік залежності загасання в кварцевому волокні від довжини хвилі випромінювання і три вікна прозорості

В даний час для побудови ВОСП використовуються довжини хвиль від 0,8 мкм до 1,65 мкм (в подальшому передбачається освоєння і більш довгих

хвиль 2,4 і 2,6 мкм), звані інфрачервоним випромінюванням (просто світлом) або оптичним випромінюванням (ОВ). Шкала електромагнітних хвиль зображена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 Шкала електромагнітних хвиль

В даний час на багатьох ВОЛЗ загального користування використовуються швидкості передачі до 622 Мбіт / с, але все більше застосування отримують ВОСП на швидкості передачі 2,5 Гбіт / с і вище. За таким ВОЛЗ можна організувати від 7680 до 100 000 каналів тональної частоти (КТЧ) або основних цифрових каналів (ОЦК) з пропускнуою спроможністю 64 Кбіт / с. В даний час розроблені ВОСП на швидкості до 40 Гбіт / с.

Узагальнена структура ВОСП.

У склад волоконно-оптичної системи передачі входять:

1. Каналоутворювальне обладнання (КУО) в тракці передачі. З його допомогою відбувається формування групових трактів із типовою шириною смуги пропускання (швидкістю передачі).
2. Обладнання сполучення (ОС) тракту. Воно служить для об'єднання параметрів сигналу на виході КУО.

3. Оптичний передавач (ОПер), з допомогою якого відбувається перетворення електричного сигналу в оптичний. Довжина хвилі оптичного сигналу співпадає з вікном прозорості оптичного волокна. До складу оптичного передавача входять:

- джерело оптичного випромінювання (ДОВ);
- погоджувальний пристрій (ПП), який служить для введення оптичного випромінювання в оптоволоконний кабель з мінімальними втратами;

ДОВ і погоджувальний пристрій утворюють один блок, який називається передаючий оптичний модуль (ПОМ).

4. Оптичний кабель, волокна якого служать середовищем поширення оптичного випромінювання.

5. Оптичний ретранслятор (ОР): ОР здійснює компенсацію загасання сигналу при його проходженні через ОВ (оптичне волокно) та поліпшення різних спотворень. Оптичні ретранслятори можуть встановлюватися через певні відстані, що називаються ретрансляційними ділянками. З їх допомогою відбувається обробка, корекція, відновлення та перетворення електричних сигналів в оптичні.

6. Оптичний приймач (ОПР), що забезпечує прийом оптичного випромінювання і перетворення його в електричний сигнал. ОПР складається з:

- погоджувального пристрою (ПП);
- приймача оптичного випромінювання (ПОВ);
- а також сукупність ПП і ПОВ – приймальний оптичний модуль (ПРОМ).

7. Обладнання сполучення (ОС) тракту прийому перетворює сигнал на виході ПРОМ в багатоканальний сигнал відповідного КУО.

8. Каналоутворювальне обладнання (КУО) тракту прийому, яке здійснює зворотні перетворення багатоканального сигналу в сигнали окремих типових каналів і трактів[1].

Узагальнена структурна схема ВОСП приведена на рисунку 3.



Рисунок 1.3 Узагальнена структурна схема волоконно-оптичної системи передачі: а) тракт передачі; б) тракт прийому

1.4 Класифікація ВОСП

ВОСП в залежності від застосовуваного каналотворюючого обладнання діляться на:

а) аналогові волоконно-оптичні системи передачі (АВОСП), якщо каналотворювальне обладнання створюється на основі аналогових методів модуляції параметрів гармонійної несучої частоти (амплітудна, частотна, фазова модуляції і їх комбінації) або параметрів періодичної послідовності імпульсів (амплітудно-імпульсна, широтно-імпульсна, фазоімпульсна модуляції і їх комбінації);

б) цифрові волоконно-оптичні системи передачі (ЦВОСП), якщо каналотворювальне обладнання будується на основі імпульсно-кової модуляції, дельта-модуляції і їх різновидів; найширше застосування знаходять ЦВОСП.

В залежності від способу модуляції оптичного випромінювання поділяються на:

а) волоконно-оптичні системи передачі з модуляцією інтенсивності оптичного випромінювання і відповідної його демодуляції, звані іноді прямою модуляцією і широко застосовується в більшості ЦВОСП;

б) волоконно-оптичні системи передачі з аналоговими методами модуляції оптичного випромінювання (оптичної несучої): амплітудної, фазової, частотної модуляціями і їх комбінаціями.

Залежно від способу прийому або демодуляції оптичного сигналу підрозділяються на:

- а) волоконно-оптичні системи передачі з прямою демодуляцією або безпосереднім прийомом, при якому відбувається безпосереднє перетворення інтенсивності оптичного випромінювання в електричний сигнал, напруга або струм якого однозначно відображають зміну інтенсивності оптичного сигналу;
- б) когерентні волоконно-оптичні системи передачі, в яких застосовується гетеродинна або гомодинного перетворення частота незалежно від виду модуляції (синхронна або несинхронна) оптичного випромінювання, що здійснюється на проміжній частоті. При гетеродинному прийомі одночасно з оптичним сигналом частоти на фотодетектор подається досить потужне оптичне випромінювання місцевого гетеродина з частотою, на виході фотодетектора виділяється проміжна частота, на якій і здійснюються подальші перетворення оптичного сигналу в електричний. При гомодинному методі прийому частоти коливальний прийнятого оптичного випромінювання і місцевого гетеродина повинні бути однаковими (ω), а фази синхронізовані.

Залежно від способу організації двостороннього зв'язку ВОСП поділяються на:

- а) Двоволоконну односмугову однокабельну, при якій передача і прийом оптичних сигналів ведуться за двома оптичними волокнами (ОВ) і здійснюються на одній довжині хвилі;
- б) одноволоконну односмугову однокабельну, особливістю якої є використання одного оптичного волокна для передачі сигналів в двох напрямках на одній і тій же довжині хвилі;
- в) одноволоконну двосмугову однокабельну.

За призначенням і дальністю передачі ВОСП поділяються на:

- а) магістральні ВОСП, призначені для передачі повідомлень на тисячі кілометрів і з'єднують між собою центри республік, країв, областей, великі промислові і наукові центри та ін .;
- б) зонові ВОСП, призначені для організації зв'язку в адміністративних межах республік, країв, областей і протяжністю до 600 км;
- в) ВОСП для місцевих мереж, призначені для організації міжстанційних з'єднувальних ліній на міських і сільських телефонних мережах;
- г) ВОСП для розподілу інформації, що забезпечують зв'язок між обчислювальними машинами, організацію локальних комп'ютерних мереж і мереж кабельного телебачення.

За методами ущільнення оптичного волокна, в основі яких лежить процес мультиплексування ВОСП поділяються на:

- а) ВОСП зі спектральним ущільненням або мультиплексуванням з розділенням довжин хвиль;
- б) ВОСП з частотним або гетеродинним ущільненням;
- в) цифрові ВОСП з часовим ущільненням.

1.5 Висновки з розділу 1

Отже, впровадження ВОЛЗ в наш час є дуже актуальним, незважаючи на дороговизну та ємність мереж. Можна зробити висновок, що мережі на базі ВОЛЗ є високоефективними та економічно вигідними порівняно з мідними кабелями. Тому доцільно вважати, що ВОЛЗ мають великі перспективи в телекомунікаційних мережах майбутнього.

Враховуючи той факт, що за останні 30 років прогрес в телекомунікаціях, і, звичайно, у сфері оптоволоконного зв'язку також. Збільшення смуги пропускання та швидкість у системах передачі дозволило збільшити об'єм

передаваної інформації та збільшити її захищеність. Зменшилися розміри кабелю, а протяжність ліній досягає тепер кілька сотень метрів та в майбутньому буде досягати десятка тисяч кілометрів.

Отже, використання ВОСП може дати майже необмежені можливості користувачу. Завдяки подальшому дослідженню та впровадженню цих технологій в телекомунікаційні системи може стрімко зрости швидкість передачі, збільшення дальності зв'язку та інші переваги. Я вважаю, що за допомогою ВОСП будуть побудовані всі телекомунікаційні системи майбутнього.

2. ПОБУДОВА МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON

2.1 Вибір технології

Для вибору технології проектування мережі доступу потрібно знати і враховувати певні вимоги.

Такими вимогами є:

- мультисервісність;
- економічність;
- потенціал для розвитку.

На мою думку, врахованим вище вимогам ідеально відповідає технологія з використанням пасивних оптичних мереж (PON).

PON (passive optical network) – клас технологій, які дають користувачеві доступ до широкосмугового мультисервісного доступу до мережі через оптичне волокно.

Розподільна мережа доступу PON, заснована на деревовидній волоконній кабельній архітектурі з пасивними оптичними розгалужувачами на вузлах, можливо, є найбільш економічною і здатною забезпечити широкосмугову передачу різноманітних додатків. При цьому архітектура PON володіє необхідною ефективністю нарощування як вузлів мережі, так і пропускної здатності в залежності від теперішніх та майбутніх потреб абонентів.

Рішення на основі архітектури PON використовують логічну топологію «точка-багатоточка» P2MP (point-to-multipoint), яка покладена в основу технології PON. До одного порту центрального вузла можна підключати цілий волоконно-оптичний сегмент деревовидної архітектури, що охоплює десятки абонентів. При цьому в проміжних вузлах дерева встановлюються компактні, повністю пасивні оптичні розгалужувачі (сплітери), які не потребують живлення і обслуговування [2].

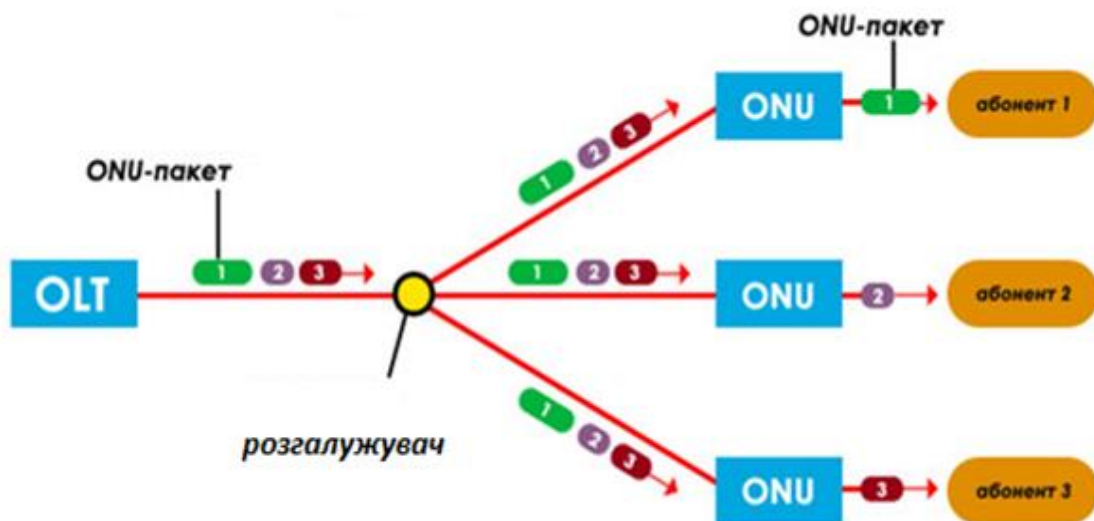


Рисунок 2.1 Схема роботи PON

На рисунку 2.1 показана схема роботи (принцип побудови) PON. З рисунку видно, що мережа складається з таких компонентів:

- OLT (Optical Line Terminal) – PON комутатор;
- розгалужувач (спліттер);
- ONU - модем на стороні користувача.

За допомогою одного OLT відбувається передача інформації багатьом ONT (optical network terminal). Між ними розміщаються оптичні розгалужувачі, які не потребують ніякого живлення і обслуговування. Число ONT, підключених до одного комутатора може бути дуже великим (залежить від потужності та максимальної швидкості прийому і передачі).

Загально відомо, що за допомогою PON можна суттєво зекономити на кабельній інфраструктурі. Це відбувається способом зменшення загальної протяжності оптоволокна, так як від центрального вузла до спліттера можна використовувати всього лише одне волокно. Також можна звернути увагу на той факт, що існує інший спосіб економії – зменшення кількості оптичних

передавачів та приймачів у центральному вузлі. В деяких випадках цей спосіб є більш економним. Наприклад, якщо розмістити конфігурацію PON з розгалужувачем в центральному офісі якомога ближче до центрального вузла, то це буде набагато краще та вигідніше за топологію вигляду точка-точка. Найнеймовірніше те, що довжина оптоволокна лишається майже незмінною [3].

Переваги PON:

- робота на великих відстанях;
- економічність у використанні оптоволокна;
- легкість підключення нових абонентів;
- легкість обслуговування.

2.2 Класифікація PON

До мереж PON належать:

- APON(BPON);
- EPON(GEPON);
- GPON.

Для вибору найкращої технології для розгортання мережі доступу порівняємо вищезгадані технології (таблиця 2.1):

Таблиця 2.1 Порівняння різних технологій PON

Назва технології	ATM PON (APON)	Broadband PON (BPON)	Ethernet PON (EPON, GEPON)	Gigabit PON (GPON)
Стандарт	G.983	ITU G.983	IEEE 802.3ah	ITU G.984.6
Рік прийняття	1998	2001	2004	2008
Транспортний протокол	ATM	ATM	Ethernet	GFP
Смуга пропускання для низхідного/ висхідного потоку	155 Мбіт/с	622 Мбіт/с	1,244 Мбіт/с	2,488 Мбіт/с
Підключень на порт ОЛТ	155 Мбіт/с	622 Мбіт/с	1,244 Мбіт/с	1,244 Мбіт/с
Максимальна довжина передачі, км		32	32	64
Затухання лінії, дБ			26	22

Отже, з таблиці видно, що має сенс використання двох технологій: EPON і GPON. У них однакова архітектура, проте різні протоколи. Тому найчастіше ці дві технології порівнюються між собою. В даній дипломній роботі таке порівняння теж має місце.

Один із критеріїв порівняння – швидкість передачі даних.

EPON використовує стандарт 802.3 (сертифікований як 802.3ah-2004) для швидкості 1,25 Гбіт/с.

GPON підтримує різні параметри бітової швидкості, використовуючи той самий протокол, включаючи симетричну швидкість передачі даних 622 Мбіт / с в низхідному і висхідному потоці, швидкість передачі даних 1,25 Гбіт / с в обох потоках, а також 2,5 Гбіт / с у низхідній і швидкість передачі 1,25 Гбіт / с у верхньому напрямку. Швидкість передачі даних, що перевищує 2,5 Гбіт / с і 1,25 Гбіт / с, є такою швидкістю, що підтримується типовими системами GPON. Таким чином, ми можемо вибирати швидкість передачі даних вгору та вниз по потоку в залежності від вимог, а потім вибирати відповідні оптичні модулі приймача. Він є більш гнучким, ніж EPON.

Кількість користувачів на один порт

EPON зазвичай підтримує мінімум 32. Зазвичай EPON не обмежує в кількості користувачів, можливо підключити 64 та 128. Це залежить від того, які послуги та пропускна здатність має підтримуватись.

На відміну від цього, GPON визначає верхню межу коефіцієнта поділу. Обіцяно, що GPON підтримує 128, а типове співвідношення розгалужень - 64. Існує кілька спільних коефіцієнтів розбиття GPON - 1:32, 1:64 або 1: 128. GPON пропонує множинність коефіцієнтів розгалуження, але не має великої переваги для розрахунку вартості. EPON може розгорнути більш дешеву оптику на ONU, оскільки не потрібно досягати співвідношення розділення 128.

Однак на коефіцієнт поділу значно впливає продуктивність оптичних модулів приймача. Великий коефіцієнт розгалуження значно збільшить вартість оптичних модулів приймача. Крім того, велике співвідношення розподілу зменшить відстань передачі. Занадто багато користувачів розділяють пропускну здатність, а також вартість великого коефіцієнта розгалуження. Коли коефіцієнт поділу дорівнює 1:16, максимальна відстань передачі може досягати 20 км. При 1:32, максимальна відстань передачі - 10 км. EPON і GPON є однаковими в

цьому аспекті. Особливо 10Gbps, все майже те ж саме, а саме вони забезпечують однакову пропускну здатність для тієї ж кількості абонентів.

Кадрування та служба доступу

Модель кадрів і пов'язане з ними управління. Служби відображаються через Ethernet (безпосередньо або через IP). Для того, щоб виконати те ж саме в GPON, потрібно два шари інкапсуляції. По-перше, кадри TDM і Ethernet переносяться в кадри методу інкапсуляції GTC (GEM), які мають GFP-подібний формат (отриманий з загальної процедури кадру ITU G.7401). По-друге, кадри ATM і GEM обидва інкапсулюються в кадри GTC, які, нарешті, переносяться через PON. Це показано на рисунку 5 та 6.

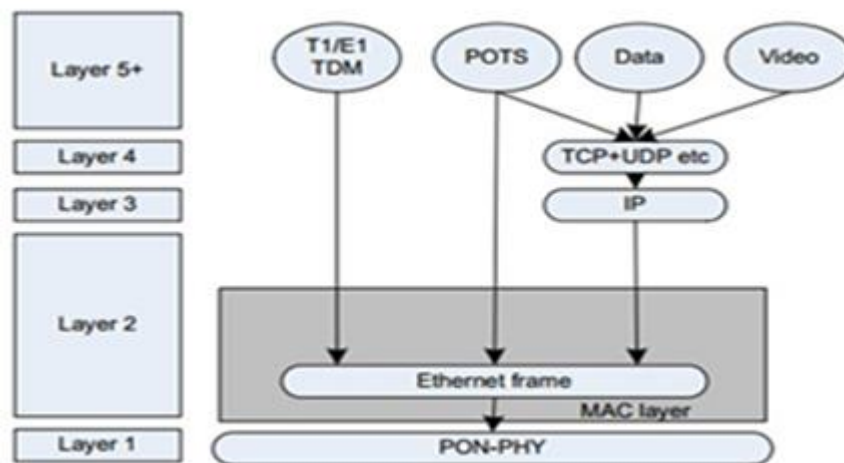


Рисунок 2.2 Процес кадрування в EPON

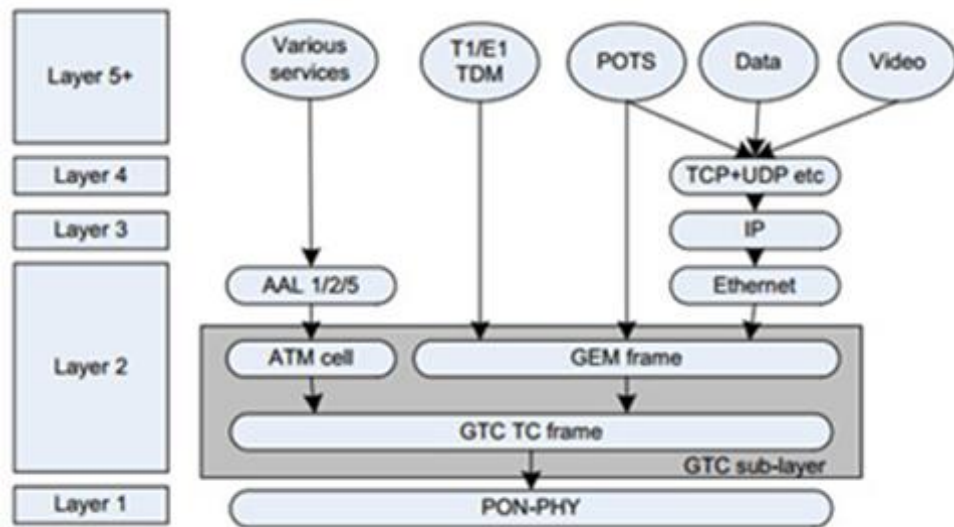


Рисунок 2.3 Процес кадрівання в GPON

Основною метою кадру GEM є забезпечення кадрово-орієнтованого сервісу, як альтернативу банкомату, для ефективного розміщення кадрів Ethernet і TDM. Обидва режими ATM та GEM є обов'язковими для OLT, але ONT може бути налаштований для підтримки або одного, або обох. Однак, у порівнянні з простою моделлю EPON, стає зрозумілим, що інкапсуляція GEM / GTC і включення ATM додають непотрібної складності для вирішення тієї ж самої проблеми.

EPON явно пропонує набагато простіше та простіше рішення, ніж GPON. Підтримка банкоматів та подвійної інкапсуляції GPON не дають реальної переваги над транспортною схемою Ethernet.

Щоб отримати доступ до служби, EPON придатний тільки для служб, які використовують дані, та GPON для трьохкратного відтворення. EPON - це рідне рішення Ethernet, яке використовує функції, сумісність і продуктивність протоколу Ethernet, тоді як GPON використовує технології SONET / SDH і Generic Framing Protocol (GFP) для транспортування Ethernet.

Якість обслуговування

Протокол Ethernet не має властивості якості обслуговування. Оскільки система PON не є життєздатною без якості обслуговування, більшість постачальників передбачають її використання тегів VLAN (Віртуальна локальна мережа). Хоча це і вирішує проблему якості обслуговування, вона робить це за великі витрати. Оскільки не існує автоматичного забезпечення мережі VLAN, вони, здебільшого, надаються вручну. GPON має вбудовану якість обслуговування, що робить її кращою, ніж EPON, оскільки EPON Quality of Service – має високу вартість відносно GPON (рисунок 6).

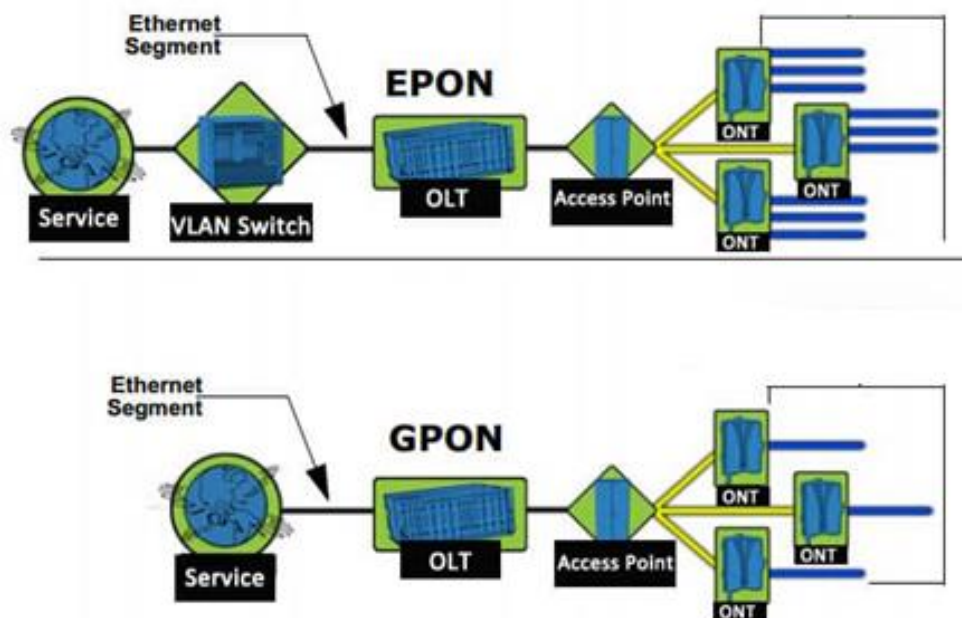


Рисунок 2.4 EPON і GPON. Архітектура якості обслуговування

Operation Administration and Maintenance

У GPON є три різних типи керуючих повідомлень (Таблиця 2.2): OMCI (ONT Management and Control Interface), OAM і PLOAM (OAM фізичного рівня).

Таблиця 2.2 Типи керуючих каналів

Керуючий канал	Формат	Використовується для
OMCI	Ethernet or ATM	Забезпечення визначення рівнів обслуговування ONT над GTC (наприклад, через EMS)
Вбудований OAM	Накладні заголовки	Надання BW, перемикання ключа шифрування та DBA
PLOAM	ATM	Автоматичне виявлення та всі інші PMD та GTC інформація управління. Повідомлення PLOAM направляються на ONT або FF для трансляцій

Навпаки, EPON не приділяє особливої уваги OAM. EPON використовує повідомлення OAM OEE IEEE 802.3ah для забезпечення, ізоляції несправностей і моніторингу продуктивності разом з SNMP (Простий протокол управління мережею) і отримує через IETF (Internet Engineering Task Force) MIBs (управлінські бази даних). Додатковими повідомленнями керування є GAP / ЗВІТИ MPCP для надання смуги пропускання.

Вартість

Вартість розгортання GPON або EPON залежить від вартості OLT, ONU / ONT і пасивних оптичних компонентів.

ODN складається з волоконного кабелю, шафи, оптичного розгалужувача, роз'єму та інше. Для такої ж кількості користувачів вартість волокна та шафи з EPON схожа на вартість GPON. Вартість OLT і ONT визначається ASIC (Application Specific Integrated Circuit) та оптичних модулів приймача. Доступні на ринку чіпсети GPON в основному базуються на FPGA (Field Programmable

Gate Array), що є більш дорогим, ніж EPIC MAC (Media Access Control) шар ASIC. Є лише кілька постачальників чіпсетів, які можуть надати чіпсети GPON, і навряд чи ціна на GPON може швидко знизитися. Оптичний модуль GPON також є більш дорогим, ніж EPON. Коли GPON досягає стадії розгортання, розрахункова вартість GPON OLT в 1,5-2 рази перевищує EPON OLT, а розрахункова вартість GPON ONT буде в 1,2-1,5 рази вище, ніж EPON ONT.

Отже, виконавши порівняльний аналіз двох технологій, я вибрала технологію з більшою кількістю переваг – GPON. Незважаючи на вартість впровадження цієї технології, вона має ряд переваг порівняно з іншими та вважається найкращою із класу PON.

2.3 Структура GPON

GPON визначається рекомендаційною серією ITU-T G.984. GPON має більшу пропускну здатність в порівнянні з APON і BPON. GPON може застосовуватися в багатьох областях. GPON розповсюджується через одномодовий, симплексний оптичний роз'єм і пасивний оптичний розгалужувач, зазвичай використовуючи кутові полярні з'єднувачі (APC) для забезпечення точності закінчення. У цій системі GPON є чотири основні компоненти: оптичний лінійний термінал (OLT), передавальні носії (кабельні та компоненти), волоконно-оптичний роздільник і оптичний мережевий термінал (ONT).

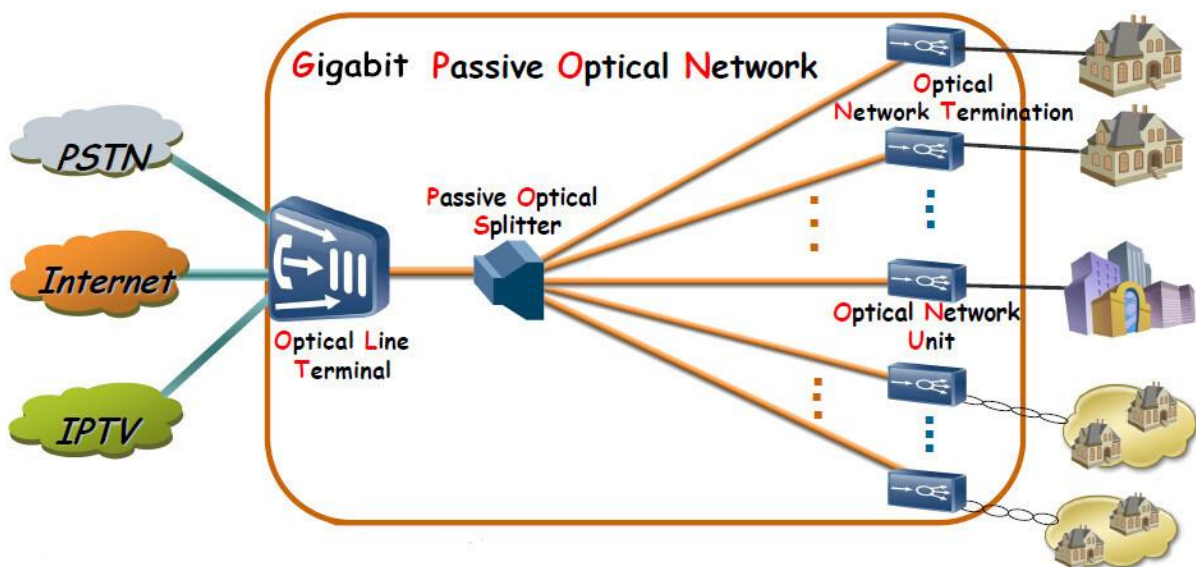


Рисунок 2.5 Структура GPON

OLT - це пристрій, який служить кінцевою точкою постачальника послуг пасивної оптичної мережі. Це активний апарат агрегації Ethernet, який зазвичай розташований в центрі обробки даних або в основному приміщенні обладнання. OLT перетворює оптичні сигнали, що передають по волокну, на електричні сигнали і подає їх до основного комутатора Ethernet. OLT замінює декілька комутаторів шару 2 в точках розподілу. Розподільний сигнал OLT з'єднаний з магістральними кабелями або горизонтальними кабелями через оптичні розгалужувачі, які підключені до терміналу оптичної мережі в кожному виході з робочої зони.

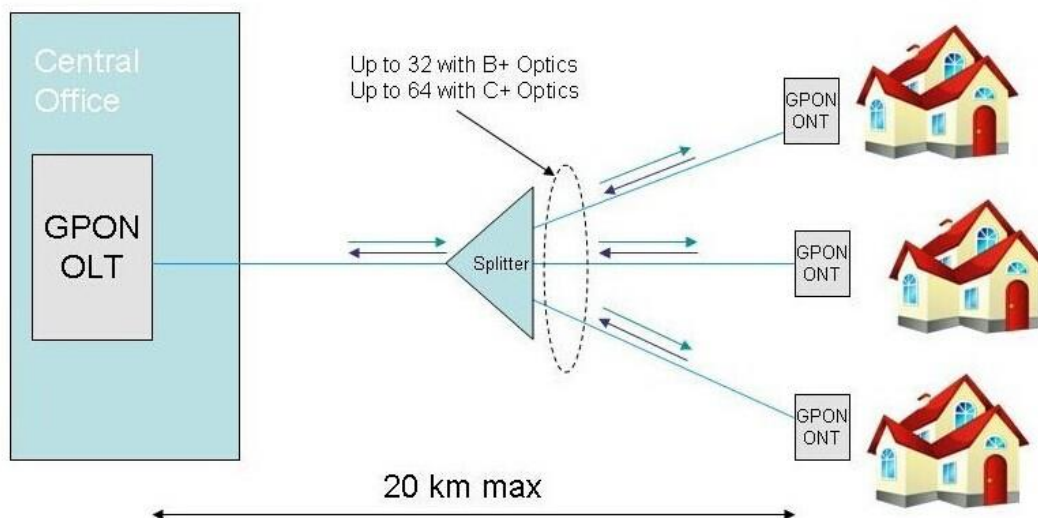


Рисунок 2.6 Схема зв'язку з OLT

Передача мультимедійних даних

GPON передає сигнали через пасивну, фізичну кабельну інфраструктуру. Передавальні носії включають мідь, волоконно-оптичні патч-корди, корпуси, панелі адаптерів, з'єднувачі, розгалужувачі та інші матеріали. Всі ці передаючі компоненти медіа повинні бути враховані в бюджеті втрат каналу, щоб отримати кращу продуктивність системи.

Волоконно-оптичний розгалужувач

Волоконно-оптичний розгалужувач, також відомий як спліттер, є вбудованим пристроєм розподілу оптичної енергії на хвилеводі. З цим волоконно-оптичним розгалужувачем кілька пристроїв можна подавати з одного волокна. Це одне з найважливіших пасивних пристроїв у оптичній мережі. Це особливо корисно в GPON, EPON і FTTx, і т.д. PON звичайно з'єднує одне волокно від OLT до декількох ONU. Зв'язок між OLT і ONU досягається за допомогою волоконно-оптичних розгалужувачів. Кількість виходів у спліттері визначає кількість розбиття. Коефіцієнти поділу часто містять 1: 4, 1: 8, 1:16, 1:32 і 1:64. Вбудовані втрати типового оптичного розділювача 1x32 варіюються

від 17 дБ до 18 дБ. Волоконно-оптичний розгалужувач включає розгалужувачі з розплавленими биконическими конусними (FBT) та планарними розгалужувачами (PLC).

ONT, також званий модемом, підключається до точки завершення (TP) за допомогою волоконно-оптичного кабелю і підключається до маршрутизатора за допомогою кабелю LAN / Ethernet. Він перетворює оптичні сигнали в електричні сигнали, щоб доставити до кінцевого пристрою. ONT завжди має кілька портів Ethernet для підключення до IP-послуг, таких як процесори, телефони, бездротові точки доступу та інші відеокомпоненти.

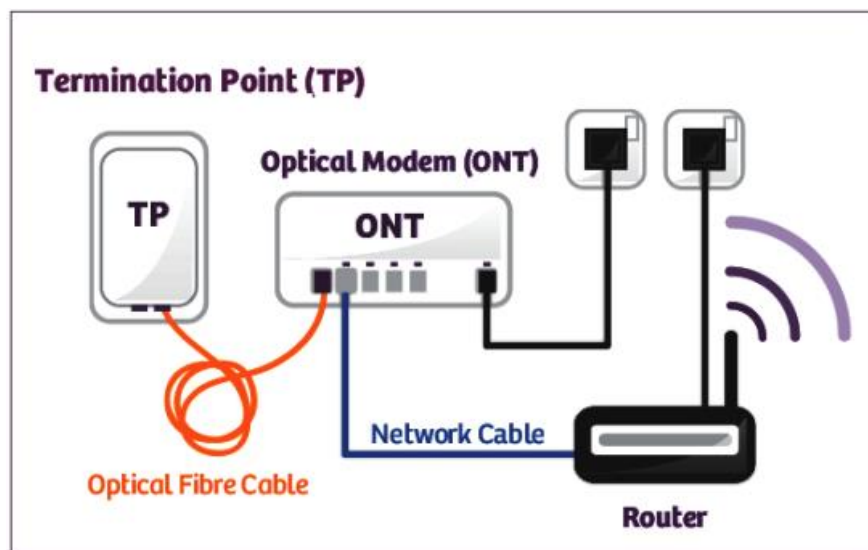


Рисунок 2.7 Схема зв'язку з ONT

PON зазвичай складається з OLT і ONU і інших оптичних носіїв передачі, таких як волоконні кабелі і роз'єми, які були вказані раніше. Втрата зв'язку може бути викликана цими компонентами (кабель, роз'єми, патч-корди, з'єднувачі, муфти і розгалужувачі). Втрата зв'язку дуже важлива при розробці оптичної мережі доступу. Бюджет посилянь наведено у таблиці 2.3. Цей бюджет охоплює всі оптичні компоненти між OLT і ONU.

Таблиця 2.3 Втрати бюджету на систему GPON

Смуга пропускання (нм)	Елементи	Втрати шляху (дБ)
1310	Мінімальні оптичні втрати	13
	Максимальні оптичні втрати	28
1490	Мінімальні оптичні втрати	13
	Максимальні оптичні втрати	28

Потужність передавача та чутливість приймача є двома параметрами, що впливають на доступність мережі доступу. Як розрахувати енергетичний бюджет? Формула " $P = FCA * L + SL + \text{штрафні санкції}$ ". P - енергетичний бюджет. FCA - затухання волоконних кабелів у дБ / м. L - відстань, а SL - втрата сплітера. Штрафи означають додаткові втрати, такі як сплайси та роз'єми. Наступна таблиця показує необхідний бюджет енергії для різних конфігурацій GPON. Тепер давайте розрахуємо охоплення мережі. Припустимо, що енергетичний бюджет становить близько 23 дБ. Використовується одномодовий волоконний кабель, що працює на довжині хвилі 1550 нм. SL - 14 дБ, а також два механічних з'єднань (0,5 дБ / на з'єднання) і два роз'єми (0,5 дБ / на роз'єм). Так що максимальне охоплення мережі може бути розраховане як $(23 - 14 - 2 * 0.5 - 2 * 0.5) / 0.3 \approx 23 \text{ км}$. Приклад розрахування бюджету наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Мінімальний бюджет енергії для різних конфігурацій GPON

ONU)	L(км)	Довжина хвилі (нм)	FCA (дБ / м	SL (дБ)	Штрафи (дБ)	Необхідний бюджет енергії (дБ)
16	10	1310	0.4	14.5	2.5	21
16	20	1550	0.3	14.5	2.5	23
32	10	1310	0.4	17	2.5	23.5
32	20	1550	0.3	17	2.5	23.5

2.4 Висновки з розділу 2

Розглянувши декілька технологій PON та провівши детальний порівняльний аналіз, можна зробити висновок, що найбільш популярними та використовуваними технологіями в наш час є EPON і GPON. Ці дві технології мають схожі характеристики, але EPON все ще лишається позаду GPON.

Тому мною була вибрана саме ця технологія, незважаючи на складність її реалізації, я вважаю, що вона є найбільш перспективною та доцільною в реалізації мереж доступу відомчого призначення.

GPON є найскладнішою з усіх PON. Але це найкраща з усіх PON. GPON має переваги задля економії витрат на переміщення та додавання або інші зміни, низькі ціни на порти на пасивних компонентах, легка установка та низькі витрати на встановлення. Таким чином, GPON набуває популярності в сучасних різноманітних і постійно змінюваних технологічних додатках.

3. АЛГОРИТМ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ GPON

3.1 Постановка задачі для проектування телекомунікаційної мережі

Проектування в телекомунікаціях грає велику роль. Це впливає на подальшу роботу системи та її працездатність. Тому саме від рішень, прийнятих під час проектування, залежить перспектива застосування мереж та необхідність впровадження для них нових послуг в майбутньому.

Мета розробки методики проектування телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON полягає в забезпеченні ефективності прийняття управлінських рішень відомствами при розгортанні та подальшої експлуатації сучасних мереж доступу. Особливості технології GPON полягають у забезпеченні високої якості послуг та швидкості, мультисервісності та економічній ефективності.

Оптичні технології здатні забезпечити широкосмуговий доступ, достатній для надання всім абонентам існуючих та перспективних послуг зв'язку. Тому розбудова волоконно-оптичної мережі доступу на основі технології GPON є вельми актуальним завданням.

Задано:

- основні технічні характеристики волоконно-оптичних мереж доступу;
- вимоги до параметрів мережі та характеристики її складових;
- перелік наявного мережевого устаткування;
- характеристики програмного забезпечення.

Необхідно:

- розробити алгоритм проектування сучасної відомчої телекомунікаційної мережі доступу на основі технології GPON.

Обмеження:

- параметри мережі доступу розраховуються на базі вже наявного телекомунікаційного обладнання та повинні відповідати вимогам керівних документів;
- час виконання даного проекту та розрахунки техніко-економічних показників визначаються замовником.

Основні етапи реалізації методики:

Вихідні дані.

Для того, щоб спроектувати мережу доступу на основі технології GPON, потрібно врахувати всі вихідні дані. В основному це – дані, визначені замовником.

Цей етап дуже важливий тим, що мережа організовується на основі вже існуючої, потрібно враховувати всі фактори, пов'язані з даною мережею. Прийняття рішень на цьому етапі дуже важливе, тому кожен етап має бути детально продуманим та обґрунтованим.

Фактори, що потрібно враховувати при модернізації мережі доступу:

- ієрархія мережі;
- основні компоненти мережі;
- встановлений розмір мережі (в теперішньому та прогноз на майбутнє);
- основні напрямки інформаційних потоків у мережі (в теперішньому та на перспективу). Характер передаваної інформації (зображення, мультимедійні дані або текст);
- параметри обладнання, вимоги до характеристик задіяних пристроїв (кабелів, комп'ютерів, комутаторів, адаптерів і т.д.), а також вартість даного обладнання;
- використовуване ПЗ (програмне забезпечення), а також вимоги до нього вартість даного програмного забезпечення;
- вимоги до пожежної безпеки.

Огляд місцевості та приміщень.

Це відбувається за допомогою спеціаліста, який зможе оцінити місцевість, виявити її особливості, переваги та недоліки, перешкоди для створення мережі та інші характеристики місцевості. Також оцінює стан існуючого обладнання та визначає можливість щодо розташування нового.

Вибір розміру і структури мережі.

Вибір розміру являє собою вибір певних характеристик, а саме – кількість термінальних пристроїв, об'єднаних в одну мережу. Також при цьому потрібно враховувати той факт, що кількість обладнання і сама мережа можуть зростати, тому завжди залишається можливість для подальшого нарощування мережі. Але зазначимо, що кількість терміналів, які включаються в мережу, може значно впливати на продуктивність мережі і на складність обслуговування. Від цього залежить вартість програмних засобів, тому дуже важливо не помилитися в прорахунках.

Відстань між лініями зв'язку не має бути великою, інакше це може обійтися використанням дорогого обладнання, зменшенням захисту від зовнішніх електромагнітних завад, а також швидкість передачі інформації по мережі. При побудові мережі та виборі відстаней накласти приблизно 10 відсотків про запас.

Структура мережі – поділ її на певні частини (сегменти) та з'єднання цих сегментів між собою. Для об'єднання таких сегментів можуть використовуватися різні прилади, наприклад, комутатори, маршрутизатори, репітери, мости. Рішення щодо структури приймаються на основі даних про будівлю або комплекс будівель, структуру підприємства. Робочу групу, що займаються одними і тими ж завданнями, можна розташувати в одному сегменті і встановити біля них сервер та комутатор.

При виборі структури мережі доцільно враховувати подальший її розвиток для того, щоб в майбутньому була можливість з легкістю підключити декілька сегментів до підприємства.

Вибір технології .

Для вибору технології проектування мережі доступу потрібно знати і враховувати певні вимоги.

Такими вимогами є:

- мультисервісність;
- економічність;
- потенціал для розвитку.

Заданим вимогам відповідає технологія пасивних оптичних мереж – технологія PON.

При використанні рішень на базі PON лінія розподіляється між абонентами за допомогою спліттерів з коефіцієнтами поділу від 1:02 до 1:128. Схема даної технології організована таким чином, що зі сторони провайдера використовується оптичний лінійний термінал, а на стороні абонента – оптичний термінал мережі. Він може надавати широкосмуговий доступ та підтримувати мультисервісність.

Рішення на базі пасивних оптичних мереж (PON), переваги та недоліки.

Основними перевагами PON є:

- висока швидкість;
- простота обслуговування;
- надійність та тривалий час експлуатації;
- висока якість зв'язку;
- легкість підключення нових користувачів.

До недоліків відноситься:

- складність реалізації;
- витрати на розвиток інфраструктури.

Вибір топології.

Найбільш розповсюдженим варіантом є топологія «дерево». Також можуть зустрічатися такі топології як «зірка» та «шина».

Топологія типу «дерево»: припустимо, що мережа складається з коренів, гілок та листків. Так названий «корінь» - це порт OLT, а «листя» - це ONU(тобто користувачі), а гілки – це спліттери. Приклад топології «дерево» представлений на рисунку 3.1.

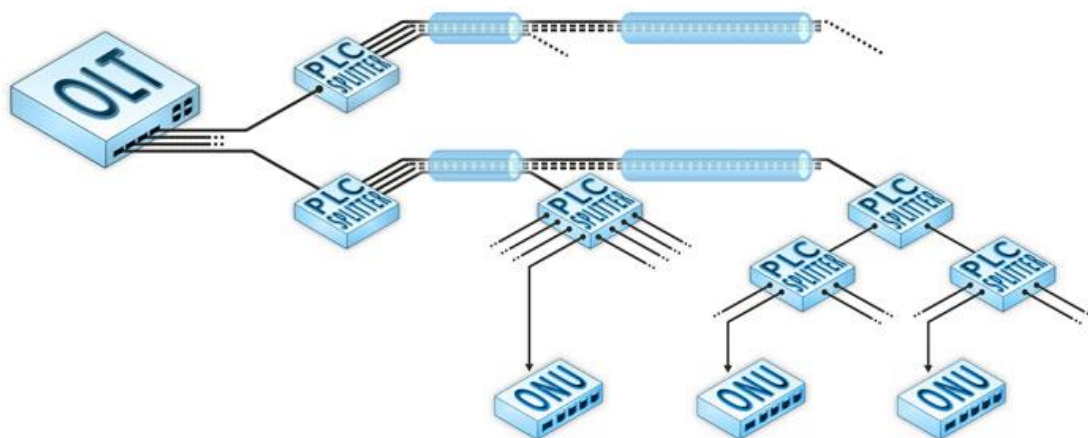


Рисунок 3.1 Топологія типу «дерево»

Топологія «зірка» (рисунок 3.2) - поділ «батьківського» волокна на 64 напрямки. Іншими словами, один порт може обслуговувати до 64 ONU, якщо вони знаходяться в радіусі 200-300 метрів від центральної точки.

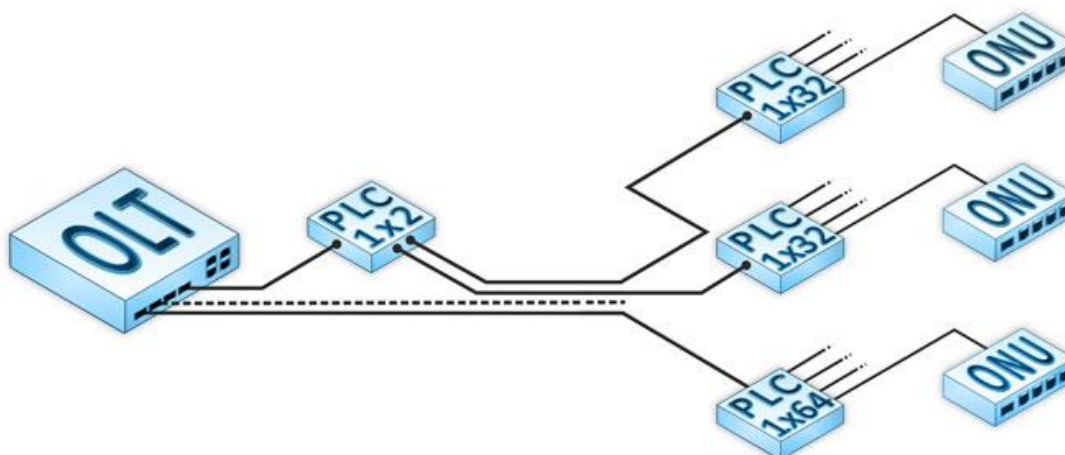


Рисунок 3.2 Топологія типу «зірка»

Топологія типу «шина» використовується в тих випадках, коли в невеликих населених пунктах немає багатоповерхових будинків і є лише декілька вулиць, тому немає сенсу розгортати перших два типи топології, так як це дуже дорого і незручно. «Шина» реалізовується таким чином: прокладається одне волокно з використанням каскаду зварюючих дільників 1x2 з відсотковим відношенням потужності вихідних сигналів. Приклад топології зображений на рисунку 3.3.

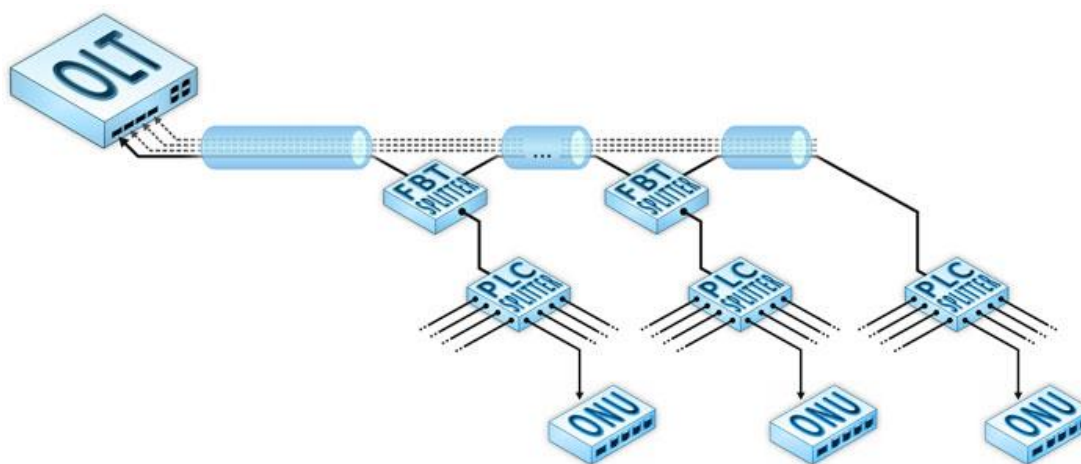


Рисунок 3.3 Топологія типу «шина»

Вибір обладнання.

Велику роль в модернізації та побудові мереж грає вибір мережевого обладнання. На вибір обладнання впливають такі фактори як швидкість передачі інформації, топологія мережі, характеристики мережі та характеристики кабеля, вартість мережевих засобів (комутаторів, адаптерів репітерів і т.д.). Часом правильний розрахунок всіх цих чинників може заощадити велику кількість коштів при неполадках або зарані передбачених ситуаціях.

Вибір кабелю.

Є два типи оптоволоконних кабелів: одномодові (SM) та багатомодові (MM). Відрізняються вони головним чином тим, що багатомодовий кабель дешевше за одномодовий, але його характеристики гірші.

В одномодовому кабелі всі промені йдуть одним і тим же шляхом, та досягають приймача майже одночасно, тому форма сигналу майже не зазнає спотворень. Діаметр центрального волокна сягає 1,3 мкм. Дисперсія майже рівна нулю. При цьому передача сигналів відбувається на значно більшу відстань, ніж при багатомодовому кабелі.

В багатомодовому кабелі відбувається значно більше розсіювання, тому форма сигналу виходить дещо неточною. Діаметр центрального волокна сягає 62,5 мкм. Також в цих кабелях використовується звичайний світлодіод, і це збільшує термін служби кабелю та знижує вартість самого кабелю порівняно з одномодовим.

Вибір програмного забезпечення, адміністрування.

Для побудови мережі потрібно визначити вимоги до ПЗ та кількість використаного ПЗ. Спочатку потрібно проаналізувати вже існуюче ПЗ і на його основі додавати нове. Також потрібно врахувати:

- максимальну кількість користувачів;
- тип серверів та їх типи;
- вартість програмного забезпечення;
- сумісність з ОС та комп'ютерами.

Вибір програмного забезпечення залежить від типу мережі, де вона розташована та кількості користувачів. Вибираючи найкращий продукт на ринку, можна переплачувати лише за попит та підтримку. Якщо є можливість вирішувати всі задачі підприємства за допомогою простої мережі, яка не вимагає таких великих затрат часу та коштів, краще використовувати її.

Також потрібно вирішити задачу адміністрування даної мережі, знайти фахівця, який зміг би стежити за роботою системи.

Визначення обсягів робіт.

Після початку процесу впровадження (модернізації) мережі потрібно визначити обсяг робіт, який буде проведений. Процес модернізації включає в себе:

- підготовку каналів кабельної каналізації;
- прокладання кабелю (заміна);
- зрощування волокон;
- вимірювання оптичних характеристик;
- активування послуг.

Розрахунок витрат на впровадження.

Витрати щодо впровадження мережі включають в себе:

- витрати на програмне забезпечення;
- витрати на мережеве обладнання
- витрати на підтримку мережі;
- витрати на лінійно-кабельні споруди;
- витрати на електроенергію;
- оплата праці персоналу.

Розрахунок технічної підтримки.

Після модернізації мережі повинна буде виконуватись її постійний моніторинг та підтримка, ремонт обладнання чи його заміна відповідно до вимог технічної та експлуатаційної документації. А також повинна здійснюватися постійна підтримка користувачів при виникненні необхідності. Зазвичай технічна підтримка здійснюється певним об'єктом або кількома після початку роботи підприємства.

Оцінка ефективності проекту.

Після того, як визначено всі витрати, вибрано мережеве обладнання та програмне забезпечення та підраховано всі вкладення для модернізації проекту, прораховується час окупованості проекту, і визначається його ефективність.

Наприклад, якщо витрати на реалізацію та підтримку проекту значно перевищують значення прибутку, то такий проект вважається неефективним. Якщо підрахунки не дають бажаного результату, то відбувається перегляд етапів модернізації та при можливості корегування.

Оформлення технічної документації і проекту.

Даний етап передумовлює створення технічної документації, яка буде включати в себе такі дані:

- усі встановлювані елементи мережі на схемі з маркуванням;
- нумерація кабельних каналів;
- детальну трасу прокладки розподільних кабелів і кабелів абонентської розводки;
- детальну схему зрощування волокон з визначенням нумерації і кольорового маркування.

Також потрібно виконати інший вид документації – виконавча документація, до складу якої входить:

- повна назва та юридична адреса компанії, яка буде проводити будівельні роботи;
- дозвіл на проведення даних робіт;
- інструкція з прокладки кабелю;
- дозвіл від власника будівлі(підприємства) , в якій будуть проводитися роботи;
- виробник кабелю;
- протоколи доступу;
- тестові дані і результати вимірювань.

Узгодження документації і проекту.

Даний етап передумовлює опрацювання та оформлення документації відповідно до всіх вимог керівних документів та чинного законодавства.

Всі потрібні документи мають бути схвалені та узгоджені чинними організаціями. Якщо документ не відповідає певним вимогам організації, то він відправляється на переробку або доопрацювання відповідно до поставлених зауважень.

Після виконання усіх вище вказаних дій та затвердження документації можна приступати до проведення робіт.

Організація охорони праці.

Незважаючи на всі розрахунки, проект може мати певні небезпеки для людського здоров'я.

До складу устаткування проекту входять:

- ДБЖ;
- комутаційне обладнання;
- оптоволоконні передавачі.

При експлуатації мережі можуть бути ураження електричним струмом, оптичне випромінювання, яке негативно впливає на стан здоров'я людини. Тому обладнання має бути виготовлено таким чином, щоб всі, хто мають доступ до користування мережею були захищені від можливих небезпек.

Тому обладнання рекомендується виготовляти із діелектричного матеріалу або наносити діелектричне покриття. Окремі частини обладнання мають містити пристосування для приєднання ізолюючих провідників.

У випадку несправності має бути можливість відключення обладнання від первинного джерела живлення. Ремонт обладнання може здійснюватися особами зі спеціальною кваліфікацією.

Монтаж кабельних трас.

На даному етапі відбувається монтаж проводки, монтаж металевих і дротяних лотків над підвісними стелями, встановлення підвісних ліній всередині і поза приміщеннями, створення отворів у стінах, монтаж труб.

Прокладка кабелю.

На даному етапі відбувається вимірювання кабелю, його нарізка, маркування, а потім прокладка кабелю по зарані визначеним кабельним трасам.

Монтаж комутаційних шаф.

За допомогою комутаційних шаф можна більш ефективно застосувати площу приміщення. Шафа складається із дверей, каркасу, бокових стінок, кришок та отворів для монтажу.

КШ дозволяє захистити обладнання від зовнішніх пошкоджень, вологи та випромінювання.

Шафи поділяють на настінні з різною висотою (висота маркується на самій шафі), а також підлогові. Для КШ надається велика кількість аксесуарів, що дозволяє більш раціонально розподілити кабельну систему та підвищити надійність зберігання обладнання.

Монтаж розеток робочої зони.

Оптичні розетки призначені для термінації кабелів в приміщенні абонента. Абонентська розетка також може розмежовувати зони відповідальності оператора і абонента. Оптичні розетки повинні мати такі характеристики:

- компактний розмір;
- сумісність з усіма типами кабелів;
- підтримка усіх типів оптичних роз'ємів;
- ввід кабеля з будь-якого боку від розетки.

Підключення абонентів.

Підключення абонентів – підключення обладнання для клієнта. Це можуть бути комп'ютери, відеокамери, телевізори і т.д. Кожен кінцевий пристрій повинен мати спеціальне ПЗ, яке встановлюється фахівцем.

Оптимізація мережі.

На етапі оптимізації мережі проводиться її перевірка, налаштування параметрів, пошук недоліків та несправностей, аналіз мережі.

Тестування і сертифікація.

Етап тестування – один із останніх, вирішальних етапів перед запуском мережі. Тестування прийнято поділяти на дві частини.

До першої частини належить тестування під час будівництва мережі, тобто воно проводиться спочатку виконавчою організацією, а опісля – при здачі (прийнятті) збудованої/модернізованої мережі.

Друга частина – тестування під час експлуатації. До нього входить:

- тестування обладнання під час введення в експлуатацію;
- усунення недоліків, несправностей;
- проведення регламентних робіт (час від часу).

Під час тестування потрібно бути особливо пильними задля вчасного усунення недоліків перед початком роботи мережі.

Приховані витрати.

Під час проектування та виконання усіх попередньо зазначених етапів можуть виникати непередбачувані проблеми, які призводять до незапланованих витрат. Залежно від розміру витрат, бюджет проекту може суттєво змінитись, тому завжди варто враховувати даний етап під час проектування.

Якщо приховані витрати не є значними, то вони не впливають на ефективність проекту і в цьому випадку буде достатньо відкоригувати загальний кошторис, або за рахунок економії коштів під час виконання попередніх етапів.

Якщо приховані витрати складають велику суму, то в даному випадку потрібно вносити корективи у весь проект, починаючи з самого початку.

Здача в експлуатацію.

На даному етапі відбувається здачу проекту замовникові. Коли весь бюджет повністю підраховано та враховано всі приховані витрати, виявлено та виправлено всі недоліки мережі. Замовник в свою чергу скликає комісію для перевірки виконаної роботи: відповідність характеристик, перевірка якості виконання та працездатність мережі. Якщо проект проходить перевірку, то складається відповідний акт, замовнику надається вся необхідна документація і рекомендації щодо експлуатації. Всі етапи проектування мережі зображені на рисунку 3.4.

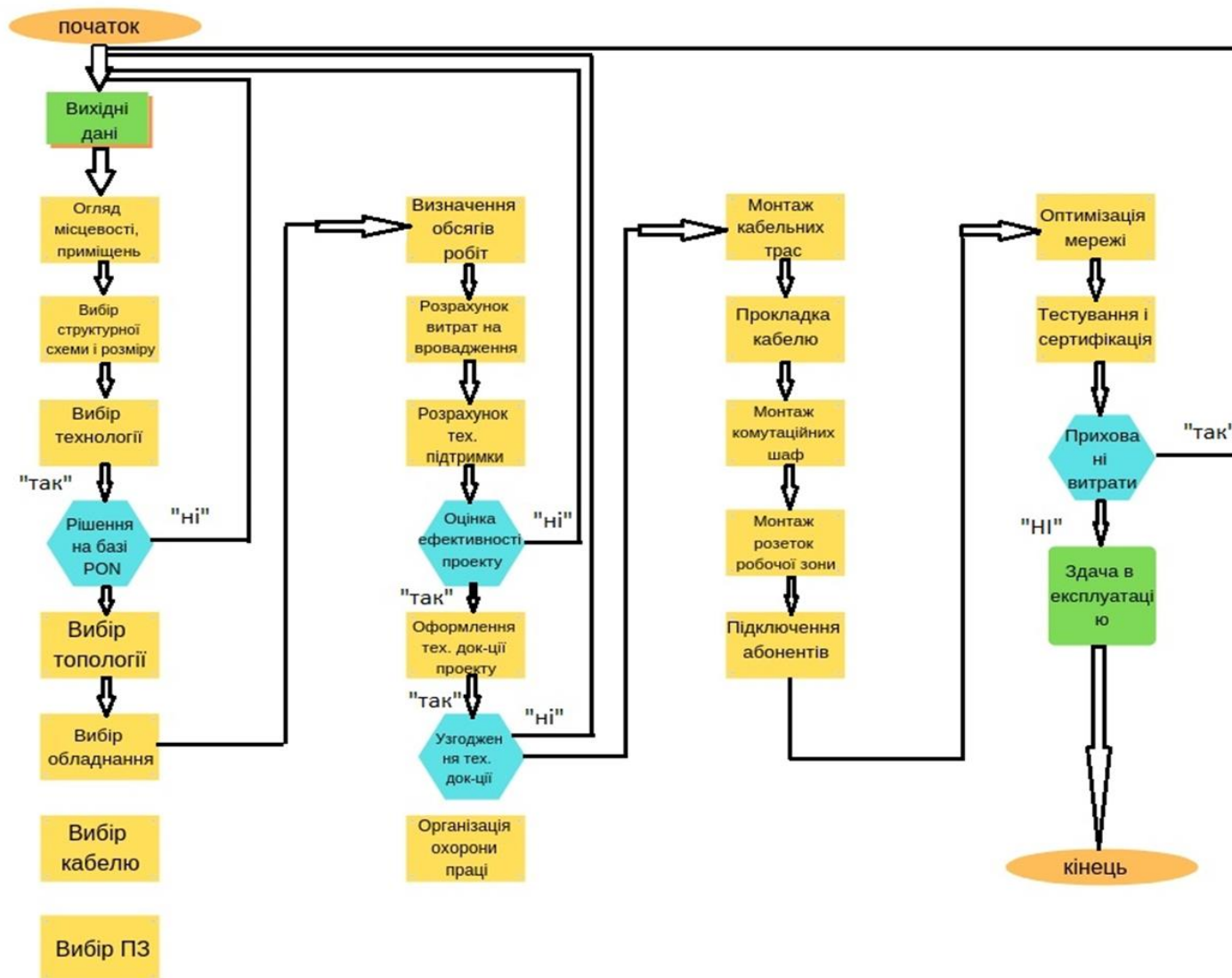


Рисунок 3.4 Алгоритм проектування мереж доступу відомчого призначення на основі технології GPON

3.2 Висновки з розділу 3

Отже, проектування мережі потребує значних вкладень та ретельного планування. Від правильно прорахованого проекту залежить подальше його введення в експлуатацію, його робота та ефективність.

Для проектування потрібно підбирати висококваліфікованих, досвідчених спеціалістів, які зможуть передбачити всі приховані затрати, врахувати всі недоліки проекту та захистити замовника від ймовірних втрат.

Проект має містити всю необхідну документацію, схему об'єкта з розміщеними на ній комунікаційними розетками, лініями зв'язку та лініями закладання кабелів.

Повинна бути прорахована повна вартість проекту – з врахованою вартістю матеріалів та робіт. Також перед початком проведення робіт визначається термін виконання.

ВИСНОВКИ

GPON (Gigabit passive optical network) одна із провідних технологій нашого часу. Вона все більше набирає популярності через свої очевидні переваги. Підприємства, які впроваджують технологію GPON, роблять заощадження на капітальних витратах та поточних експлуатаційних витратах шляхом агрегування даних, голосу, безпеки та спостереження, а додаткові витрати на енергію та вимоги до стійок можуть бути зменшені через впровадження технології GPON.

Реалізація GPON дозволяє організаціям зменшити інвестиції в інфраструктуру з центру обробки даних до кінцевого користувача, значно зменшивши кількість кабельних трас. Загальний результат - різке зниження витрат і складність мережі.

Як правило, впровадження технології GPON розширює на 10 років стандартний життєвий цикл мережі.

Ще однією основною перевагою технології GPON є різке зменшення площі стійок і підлоги, а також пов'язаних з цим витрат на експлуатацію. Для типової локальної мережі Ethernet, що обслуговує до 2000 користувачів, потрібно 90 одиниць простору. Активні комутатори локальної мережі Ethernet вимагають повної стійки для комутаторів і 2 додаткових стійок для завершення великих пачок мідних кабелів, пов'язаних з перемикачами. Порівняно, рішення GPON могли б обслуговувати 7000 користувачів лише з однією стійкою обладнання і в загальній складності 9 стійок в стійці.

Дана дипломна робота присвячена модернізації мереж доступу на основі технології GPON. Вона являє собою запропоновані рекомендації проектувальнику щодо модернізації мереж доступу та можливий алгоритм дій. На практиці даний план рекомендацій може зазнати деяких змін, але в цілому підхід до модернізації мережі залишається незмінним.

Таким чином, мною був запропонований алгоритм дій, в якому враховані всі основні етапи побудови (модернізації) мережі доступу на основі технології GPON. Я вважаю, що даний алгоритм значно спростить задачу проектувальників при розробці плану побудови (модернізації) мережі та допоможе врахувати всі приховані фактори.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фриман Р.Л. «Волоконно-оптические системы связи» / Перевод с англ. - Под ред. Н. Н. Слепова. - М.: Техносфера, 2003. - 590 с.
2. “ПАССИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ PON. ЧАСТЬ 1. АРХИТЕКТУРА И СТАНДАРТЫ” И.И. ПЕТРЕНКО, Р.Р. УБАЙДУЛЛАЕВ, Журнал «LIGHTWAVE russian edition» № 4, 2004
3. Harstead E., van Heyningen P. H. «Optical Access Networks», Chap. 10 in «Optical Fiber Telecommunications», Vol. IVB, 2002, pp. 438–513.
4. Стандарты IEEE
5. Рекомендації ITU
6. Mahmoud M. Al-Quzwini , «Design and Implementation of a Fiber to the Home. FTTH Access Network based on GPON», International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 92 – No.6, April 2014
7. Стандарт ANSI/EIA/TIA-942 «Вимоги щодо заземлення і електричних з’єднань телекомунікаційних систем комерційних будівель» і ПУЕ:2011 [81]
8. Фокин В.Г. «Оптические системы передачи и транспортные сети» // Москва: Эко-Трендз, 2008. — 271 с. — ISBN: 978-5-88405-084-6
9. Гордеев Э. Н. «Использование современных технологий в построении сетей доступа» //Электросвязь, – 2009. – № 7
- 10.Connect! Мир Связи, №7, 2007, «Технология PON – эффективная сеть доступа», Андрей Леонов, Вадим Коньшев.
- 11.Назаров А. Н., Симонов М. В. «АТМ: технология высокоскоростных сетей.» – М.: Эко – Трендз, 1998. – 234 с
- 12.В.В.Хиленко. «Методи підвищення показників якості системи управління телекомунікаційними мережами»/ В. В. Хиленко,Л. Н. Беркман,Г. Ф. Колченко, О. Г. Варфоломеева – К.: Норіта-плюс, 2007.

13. Lightware Russian edition, N2, 2004 год, "Пассивные оптические сети PON Часть 2. Ethernet на первой миле», И.И. Петренко, Р.Р. Убайдуллаев, к.ф.-м.н.
14. Lightware Russian edition, N2, 2005 год, «Сравнение технологий EPON и GPON», М. А. Гладышевский, директор компании «Оптиктелеком комплект».
15. FURUKAWA (S.), SUDA (H.), YAMAMOTO (F.), KOYAMADA (Y.), KOKUBUN (T.), TAKAHASHI (I.): «Optical fibre line test and management system for passive double star networks and WDM transmission systems», Proc. IWCS'95, pp. 640–648, 1995.
16. Фокин В.Г. «Проектирование оптической сети доступа» / Учебное пособие, Новосибирск 2012, 319 с.
17. Стандарты ИЕС Беркман Л. Н. «Информационно-энтропийные подходы к расчету параметров системы управления интеллектуальной сети» /Зв'язок. – 1999.